

Family: US 5,630,953



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 43 16 012 C 2**

⑤① Int. Cl.⁶:
B 23 K 26/00
B 23 K 15/00
F 02 F 1/20

⑳ Aktenzeichen: P 43 16 012.3-34
㉔ Anmeldetag: 13. 5. 93
㉕ Offenlegungstag: 17. 11. 94
㉖ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 24. 9. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Maschinenfabrik Gehring GmbH & Co, 73760
Ostfildern, DE

⑦④ Vertreter:
Patentanwalt Dipl.-Ing. Walter Jackisch & Partner,
70192 Stuttgart

⑦② Erfinder:
Klink, Ulrich, Dipl.-Ing., 72639 Neuffen, DE

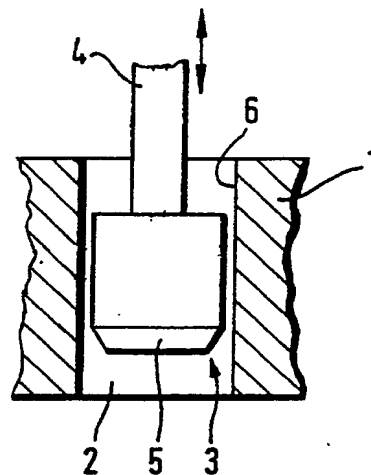
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 35 10 393 C1
DE 39 32 328 A1
DE 37 19 796 A1
EP 05 65 742 A1

JP 59-1 96 954 A in: "Patents Abstracts of
Japan", 1985, Sect. M-365, Vol. 9/No. 63;
JP 63-12 867 A in: "Patents Abstracts of
Japan", 1988, Sect. M-709, Vol. 12/No. 208 =
JP 63-12 867 A;
JP 55-43 243 A in: "Patents Abstracts of
Japan", 1980, Sect. M-16, Vol. 4/No. 84;

⑤④ Verfahren zur Feinbearbeitung von Werkstück-Oberflächen

⑤⑦ Verfahren zur Feinbearbeitung von Werkstück-Oberflächen, die im Einsatz des Werkstückes mit Schmiermittel zu versorgen sind, insbesondere zur Fertigbearbeitung von Bohrungswandungen im Zylinder eines Verbrennungsmotors, wobei in die Werkstück-Oberfläche linienförmig verlaufende, insbesondere einander überkreuzende Vertiefungen unterschiedlicher Tiefe eingearbeitet werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefungen (14 bis 16) in der vorbearbeiteten Werkstück-Oberfläche (6) durch Strahlbehandlung als Riefen (9) vorgegebener Tiefe erzeugt werden, und daß in den von den Riefen (9) begrenzten Flächen Rillen (11) geringerer Tiefe ebenfalls durch Strahlbehandlung erzeugt werden, und daß für mindestens eine der beiden Strahlbehandlungen ein Laser verwendet wird.



DE 43 16 012 C 2

DE 43 16 012 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Feinbearbeitung von Werkstück-Oberflächen, die im Einsatz des Werkstückes mit Schmiermittel zu versorgen sind, nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Ein entsprechendes Verfahren ist der JP 59-196954 A zu entnehmen.

Zur Feinbearbeitung von Werkstück-Oberflächen ist die Technik des Honens bekannt, die vielfach eingesetzt wird, um eine Bohrungswandung, die im Zylinder eines Verbrennungsmotors die Kolbenlaufbahn bildet, auf Fertigmaß zu bearbeiten. Meist werden zum Erreichen des Fertigmaßes mehrere Honoperationen ausgeführt. Für die Honbearbeitung werden üblicherweise Honsteine eingesetzt, die mit axialem Hub unter gleichzeitiger Drehung um die Bohrungssache in die Bohrung einfahren und wieder ausgefahren werden, wobei in der bearbeiteten Oberfläche einander kreuzende Honspuren erzeugt werden, die beim späteren Einsatz des Werkstückes, das beispielsweise aus Gußeisen besteht, ein Reservoir für das notwendige Schmiermittel bilden. Zum Erreichen des Fertigmaßes kann als letzter Verfahrensschritt auch das Plateauhonen eingesetzt werden, bei dem mit einem sehr feinen Schneidmittel nur die Spitzen an der schon gehonten Oberfläche abgetragen werden. Damit kann beim Fertighonen von Kolbenlauflächen die tragende Fläche für den Kolben vergrößert werden.

Es ist auch bekannt, den letzten Verfahrensschritt bei der Feinbearbeitung von Bohrungsflächen durch Strahlen auszuführen, wofür auch Laserstrahlen eingesetzt werden (DE 39 32 328 A1). Mit dem Laserstrahl werden die Spitzen der gehonten Oberfläche hauptsächlich durch Abdampfen abgetragen, wobei auch Verschuppungen und lose anhaftende Partikel entfernt werden können. Die Honspuren bleiben bei dieser Bearbeitung erhalten.

Zur Endbearbeitung fertig gehonter Bohrungen ist es außerdem bekannt, durch Bürsten und/oder Hochdruckstrahlen Verschuppungen zu beseitigen und Graphitlamellen des Gußeisen-Werkstoffes weitgehend freizulegen (DE 37 19 796 A1). Auch bei dieser Endbearbeitung bleiben die Honspuren erhalten, da sie für die spätere Schmiermittel-Verteilung über die gehonte Oberfläche notwendig sind.

Die beim Honen mit Honsteinen erzeugten Honspuren sind in Breite, Tiefe und Abstand unregelmäßig entsprechend den werkstoffbedingten Unregelmäßigkeiten des Schneidbelages. Das Profil der gehonten Oberfläche besteht dementsprechend aus einem Gemisch von größeren und kleineren Spitzen und Tälern, das im Falle des Plateauhonens auch Abplattungen enthält. Bei der Serienfertigung von Motoren ergeben sich dadurch beachtliche Unterschiede der einzelnen Motoren im Betriebsverhalten.

Zur Verbesserung der Schmiermittelverteilung über die feinbearbeitete Oberfläche ist insbesondere für Kolbenlaufbahnen bereits vorgeschlagen worden, nach dem Honen mit sehr geringer Rauhtiefe eine Strahlbehandlung auszuführen, mit der Riefen größerer Tiefe nach einem vorgegebenen Muster erzeugt werden, wobei das Strahlen mittels eines Lasers oder mittels Flüssigkeit unter Hochdruck ausgeführt wird (nicht vorveröffentlichte BP 0 565 742 A1). Bei dieser Strahlbehandlung entstehen Riefen vorgegebener Tiefe nach dem definierten Muster, beispielsweise mit regelmäßigen Überkreuzungen, wobei der Werkstoff am Rand der Riefen nicht aufgeworfen oder sonstwie verformt wird. Die Riefen bilden ein Schmiermittel-Reservoir mit gleichmäßiger Verteilung des Schmiermittels.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, durch die Feinbearbeitung eine weitgehend genau vorherbestimmbare Oberflächenstruktur zu schaffen, die den späteren Betriebs-

bedingungen des Werkstückes optimal angepaßt werden kann.

Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren unterscheidet sich grundlegend von dem konventionellen Honen dadurch, daß die linienförmig verlaufenden Vertiefungen, die die gesamte Oberflächenstruktur bestimmen, durch Strahlbehandlung erzeugt werden, womit der Linienverlauf genau vorherbestimmt werden kann. Für diese Strahlbehandlung wird ein Laser verwendet, insbesondere ein YAG-Laser, wobei eine genaue Steuerung des Strahles hinsichtlich der Intensität und der Bewegungsrichtung möglich ist.

- Es ist zwar ebenfalls bekannt, die Kolbenlauflächen an Zylindern von Verbrennungsmotoren mit Laserstrahlen zu behandeln (DB 35 10 393 C1); diese Behandlung dient jedoch zur partiellen Härtung der Laufläche, deren Beständigkeit gegen abrasiven und korrosiven Verschleiß damit verbessert werden soll. Die punkt- oder linienförmige Härtung mittels Laser ergibt keine der Honbearbeitung entsprechende Oberflächenstruktur im Hinblick auf die Schmiermittelverteilung.

- Für die erfindungsgemäße Strahlbehandlung zur Erzeugung der Riefen und Rillen ist vorzugsweise ein zweistufiges Verfahren vorgesehen, wobei zweckmäßig in der ersten Verfahrensstufe die Riefen und in der zweiten Verfahrensstufe die Rillen erzeugt werden. Zweckmäßig wird die Strahlbehandlung ausgeführt, nachdem die Werkstück-Oberfläche auf Fertigmaß bearbeitet wurde. Hierfür können konventionelle Verfahren angewendet werden, beispielsweise auch mechanisches Honen in einer oder mehreren Honoperationen oder Reibhonen, wobei jedoch die Oberfläche eine sehr geringe Rauhtiefe haben soll, damit die Oberflächenstruktur im wesentlichen durch die Strahlbehandlung bestimmt wird. Nach dem Strahlen kann auch eine Nachbearbeitung durch Bürsten vorgesehen werden, um etwa noch vorhandene lose Werkstoffpartikel zu entfernen.

- Das Verfahren nach dem Patentanspruch 1 ist insbesondere dafür geeignet, die Werkstück-Oberfläche erfindungsgemäß in zwei oder mehr Bereichen mit unterschiedlicher Struktur der Vertiefungen fertigzubearbeiten. Dieses Verfahren ist von besonderer Bedeutung für Kolbenlaufbahnen in Verbrennungsmotoren. Die Kolbenlaufbahnen sind über ihre Länge partiell unterschiedlichem Verschleiß ausgesetzt, wobei insbesondere der Verschleiß im oberen Totpunkt intensiver ist als in den übrigen Bereichen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Werkstück-Oberfläche gezielt entsprechend der zu erwartenden Beanspruchung des Werkstückes so gestaltet werden, daß in allen Teilbereichen eine gleichmäßige, flächenüberdeckende und ausreichende Schmierölversorgung gewährleistet ist. Beispielsweise kann bei der Bearbeitung von Kolbenlaufbahnen der dem Motor-kopf zugewandte, besonders verschleißintensive Bereich mit einem dichteren Netz von linienförmigen Vertiefungen versehen werden als der anschließende Bereich. Dabei kann der Überschneidungswinkel der Vertiefungen im verschleißintensiven Bereich kleiner sein als im übrigen Bereich. Auch können die Riefen und/oder die Rillen in dem verschleißintensiven Bereich eine größere Tiefe haben als in den übrigen Bereichen der Werkstückoberfläche.

- Diese funktionsgerechte, optimale Gestaltung gelingt vor allem mittels der Strahlbehandlung, die eine gezielte Bearbeitung vorbestimmter Bereiche ermöglicht, wobei Verlauf und Tiefe der Riefen und/oder Rillen nach der jeweiligen Vorgabe exakt zu erreichen sind.

Die Nachbehandlung durch Strahlen hat den besonderen Vorteil, daß die auf Endmaß vorbearbeitete Oberfläche nicht – wie beispielsweise beim Plateauhonen – mit Anpreßdruck

beaufschlagt wird. Etwaige Abweichungen des Bohrungsquerschnittes von der idealen Kreisform, die oft unvermeidlich, wenn auch sehr geringfügig sind, können sich daher nicht dahin auswirken, daß der Traganteil der Oberfläche über die Länge der Bohrung schwankt.

Erfindungsgemäß können die linienförmigen Vertiefungen mindestens in Teilbereichen der Werkstück-Oberfläche durch reihenweise Sacklöcher gebildet sein, wofür sich die erfindungsgemäße Strahlbehandlung als besonders zweckmäßig erwiesen hat. Unter dem Begriff "Sacklöcher" sind außer punkt- und kreisförmigen Einsenkungen auch kleinflächige Vertiefungen beliebiger Form zu verstehen.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 schematisch ein Werkzeug zum Hochdruck-Strahlen, das sich in einer Bohrung befindet,

Fig. 2 eine Bohrungsoberfläche ausschnittsweise und schematisch in Abwicklung,

Fig. 3 einen Schnitt nach III-III in Fig. 2,

Fig. 4a, 4b und 4c verschiedene Profile von Riefen und Rillen schematisch im Schnitt nach IV-IV in Fig. 2,

Fig. 5 ein Schema von einander überschneidenden Vertiefungen, bezogen auf eine ausschnittsweise Abwicklung entsprechend Fig. 2,

Fig. 6 schematisch die Anordnung von punktförmigen Vertiefungen in Reihen, die dem Verlauf von einander überschneidenden linienförmigen Vertiefungen entsprechen,

Fig. 7 schematisch im Teilschnitt eine Kolbenauflfläche, die in drei Bereichen mit unterschiedlichen linienförmigen Vertiefungen versehen ist, wie dies im rechten Teil der Zeichnung angedeutet ist.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Werkstück 1 mit einer Bohrung 2 im Axialschnitt. In der Bohrung befindet sich eine Vorrichtung 3 zum Bearbeiten mittels Laserstrahlen, insbesondere ein YAG-Laser. Der Laser besteht aus einer Lasereinheit, die den Laserstrahl erzeugt, und einem Strahlkopf für die Ausrichtung des Laserstrahles. Die Lasereinheit kann fest über der Maschinenspindel angeordnet sein. Die Maschinenspindel ist eine Hohlspindel, so daß der Laserstrahl durch die Spindel hindurch auf die Optik im Strahlkopf wirkt, der mit der Spindel fest verbunden ist und in der Bohrung eine definierte Dreh- und Hubbewegung ausführt. Der Strahlkopf kann aber auch eine drehbare Optik enthalten, so daß er nur axial in die Bohrung eingefahren werden muß, wobei die Drehbewegung der Optik angesteuert wird. Die Axialbewegung kann in mehreren Hüben ausgeführt werden. Für die spezielle Bearbeitung, bei der in Achsrichtung aufeinanderfolgende Bereiche der Bohrungswand 6 unterschiedlich behandelt werden sollen, wird der Strahlkopf des Lasers absatzweise auf verschiedene Höhen eingefahren und jeweils erst dann in Drehung versetzt bzw. bei drehbarer Optik des Lasers in diese Drehbewegung gesteuert. Es können eine Einzeloptik oder auch Mehrfachoptiken im Strahlkopf vorgesehen sein.

Die Strahlbehandlung wird zweckmäßig ausgeführt, nachdem das Werkstück auf das genaue Endmaß der Bohrung bearbeitet ist. Die zu behandelnde Oberfläche kann hierfür nach der Grobbearbeitung durch Rollieren oder Kalibrieren auf das Endmaß bearbeitet werden. Es kann auch das konventionelle Honen in einer oder zwei Honoperationen oder auch das Reibhonen angewendet werden, wobei die Oberfläche eine sehr geringe Rauhtiefe erhalten soll, die beispielsweise 2 bis 5 Rz betragen kann. Für die Vorbearbeitung kann auch eine Kombination dieser Verfahren ange-

wendet werden.

Bei der nachfolgenden Strahlbehandlung werden zunächst Riefen nach einem vorgegebenen Muster erzeugt, um ein Schmiermittel-Reservoir zu bilden, wobei die verbleibenden Flächen den tragenden Anteil der Oberfläche bilden, bei einer Kolbenlaufbahn also die Gleitfläche für den Kolben. Die Größe dieser Material-Flächentraganteile ist in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen beim späteren Einsatz des Werkstückes zu wählen.

Fig. 2 zeigt schematisch in der Abwicklung ein Teilstück der Bohrungswandung 6, in die mittels Laserstrahl Riefen 9 als Schmiermittel-Reservoir eingebracht worden sind. Die Bohrungsachse A ist strichpunktiert angedeutet. Der Überschneidungswinkel α der Riefen 9 beträgt im Ausführungsbeispiel 70° , kann aber auch größer oder wesentlich kleiner gewählt werden. An den Überschneidungsstellen 10 kommunizieren die einander schneidenden Riefen 9. Da bei der Strahlbehandlung insbesondere bei der berührungslosen Behandlung mittels Laser an den Rändern der Riefen keine Materialanhäufungen, Abplattungen oder Schuppen entstehen, sind auch die Überschneidungsstellen 10 völlig frei, so daß eine optimale Verteilung des Schmiermittels in dem durch die Riefen gebildeten Reservoir gegeben ist.

In der nächsten Verfahrensstufe werden in die Oberfläche 6 Rillen 11 eingebracht, die eine wesentlich geringere Tiefe haben als die Riefen 9. Für diesen Verfahrensgang kann dieselbe Strahlvorrichtung verwendet werden, die dann hinsichtlich der Bündelung der Strahlen steuerbar sein muß. Es kann aber auch eine zweite Strahlvorrichtung eingesetzt werden, wofür eine zweite Bearbeitungsstation an der Maschine vorgesehen sein kann, oder die Vorrichtung in derselben Station gewechselt wird. Auch ist es möglich, in der einen Verfahrensstufe mit Hochdruckstrahlen zu arbeiten und in der anderen Verfahrensstufe mit Laserstrahlen.

Wie aus den Fig. 2 und 3 ersichtlich ist, können die Riefen 9 an mehreren Stellen Verbreiterungen 12 und/oder Einsenkungen 13 aufweisen, wobei die Einsenkungen 13 an den Stellen der Verbreiterungen 12 liegen können. Die Verteilung der Verbreiterungen und Einsenkungen über die Länge der Riefen kann so gewählt werden, daß pro Millimeter der Länge eine Einsenkung/Verbreiterung oder auch bis zu 10 Einsenkungen/Verbreiterungen vorhanden sind (in Fig. 3 nicht maßstabgerecht dargestellt). Die Riefen können bei einer Breite von etwa $10\text{ }\mu\text{m}$ bis $100\text{ }\mu\text{m}$ an den Stellen 12 auf ca. $30\text{ }\mu\text{m}$ bis $300\text{ }\mu\text{m}$ verbreitert werden, und die Einsenkungen können bei einer Tiefe der Riefen von etwa $5\text{ }\mu\text{m}$ bis $20\text{ }\mu\text{m}$ eine Tiefe von etwa $25\text{ }\mu\text{m}$ bis $50\text{ }\mu\text{m}$ haben.

Die Fig. 4a, 4b und 4c zeigen als Ausführungsbeispiele verschiedene Oberflächenstrukturen, jeweils entlang der Schnittlinie IV-IV in Fig. 2.

Nach Fig. 4a haben die Riefen 9 und die Rillen 11 im Querschnitt etwa dreieckige Form. Der Querschnitt der Riefen und der Rillen nach Fig. 4b ist rechteckig, so daß sich im Querschnitt eine mäanderförmige Struktur ergibt. Bei der Ausführung nach Fig. 4c ist das Profil abgerundet kammartig, wobei die Rillen 11 jeweils zwischen zwei Riefen 9 wellenförmig verlaufen und die Riefen am Übergang in die Rillen und an ihrem Grund ebenfalls abgerundet sind. Da die Strahlbehandlung in zwei Stufen geschieht, ist es auch möglich, für die Riefen eine andere Querschnittsform zu wählen als für die Rillen.

Die Breite B der Riefen 9 kann zwischen $10\text{ }\mu\text{m}$ und $100\text{ }\mu\text{m}$ betragen, während ihre Tiefe T etwa $3\text{ }\mu\text{m}$ bis $20\text{ }\mu\text{m}$ betragen soll. Bei dieser Dimensionierung wird die Breite b für die Rillen 11 zwischen $5\text{ }\mu\text{m}$ und $40\text{ }\mu\text{m}$ gewählt und deren Tiefe t zwischen $2\text{ }\mu\text{m}$ und $10\text{ }\mu\text{m}$.

Der in den Fig. 2 und 4c eingetragene Abstand R bzw. R' zwischen in gleicher Richtung verlaufenden, benachbarten

Riefen 9 soll zwischen 0,1 mm und 1 mm betragen, wobei die Abstände R und R' gleich groß oder – wie in Fig. 2 dargestellt – verschieden sein können. Für sehr geringe Abstände R bzw. R' kann es zweckmäßig sein, die Strahlvorrichtung in mehreren Hieben durch die Bohrung 2 hindurchzuführen. Bei Verwendung eines Lasers können zur Erzielung des geringen Abstandes auch mehrere Ablenkspiegel oder Mehrfachoptiken vorgesehen werden. Für die Strahlvorrichtung ist eine – nicht dargestellte – Steuerung vorgesehen, mit der die Riefenabstände R und R' eingestellt werden können.

Die Strahlbehandlung ermöglicht es, im Gegensatz zu dem konventionellen Honen, den Überschneidungswinkel α unsymmetrisch zur Bohrungsachse A zu wählen, wie dies an einem Ausführungsbeispiel in Fig. 5 schematisch dargestellt ist. Diese unsymmetrische Lage kann für die Riefen und die Rillen gewählt werden, wobei auch eine Mischform möglich ist, bei der der Überschneidungswinkel α für die Riefen eine andere Lage und/oder eine andere Größe hat als für die Rillen.

Fig. 6 zeigt eine besondere Ausführung für die Gestaltung der Vertiefungen, die das Schmiermittel-Reservoir bilden. Der linienförmige Verlauf v der Vertiefungen ist strichliert angedeutet. Dieser Verlauf wird durch entsprechende Reihen von Sacklöchern P gebildet, die einander schneidende Reihen bilden. Diese kleinflächigen Einzel-Vertiefungen P können beliebige Form haben. Bei kreisförmiger Kontur der Vertiefungen beträgt ihr Durchmesser beispielsweise zwischen etwa 10 μ m und 200 μ m. Die Tiefe der Einzel-Vertiefungen kann etwa 2 μ m bis 30 μ m und ihr Abstand kann bis zu etwa 1 mm betragen. Die aufeinanderfolgenden Einzel-vertiefungen P jeder Reihe können jeweils anstelle einer Riefe 9 vorgesehen werden. Der Winkel α zwischen den einander schneidenden, dem Vertiefungsverlauf v entsprechenden Reihen kann frei gewählt werden, entsprechend dem vorzugebenden Überschneidungswinkel α der Riefen 9. Außer diesen reihenweisen Sacklöchern können in der Werkstückoberfläche auch Rillen 11 wie beschrieben angebracht werden.

In Fig. 7 ist schematisch eine Unterteilung der Bohrungswandung 6 in verschiedene Bereiche I, II und III gezeigt. In den drei Bereichen werden Vertiefungen 14, 15 und 16 mit unterschiedlichem Verlauf erzeugt.

Diese Unterteilung in Bereiche mit unterschiedlicher Oberflächenstruktur ist in erster Linie für Kolbenlaufbahnen in Zylindern von Verbrennungsmotoren vorgesehen. Die Kolbenlaufbahn wird über ihre Länge partiell verschieden beansprucht. Im Bereich I, der an das dem Motorkopf zugewandte Ende MK der Bohrung bzw. der Kolbenlaufbahn angrenzt und der der oberen Totpunktlage des Kolbens entspricht, ist der Verschleiß besonders intensiv. Hier soll im Betrieb möglichst viel Schmiermittel gespeichert und gleichmäßig über die gesamte Oberfläche verteilt werden, unter Berücksichtigung eines genügend großen Anteils tragender Flächen an der Gesamtfläche. Es ist darum vorgesehen, die linienförmigen Vertiefungen 14 im Bereich I mit einem relativ kleinen Überschneidungswinkel α vorzusehen, der beispielsweise 5° bis 30° betragen kann. Die Vertiefungen 15 im Bereich II haben demgegenüber größere Abstände R und R' und auch einen größeren Überschneidungswinkel α , der im Bereich des Überschneidungswinkels üblicher Honspuren liegt, nämlich etwa 30° bis 60° beträgt. Dieser Abschnitt der Kolbenlaufbahn bzw. Werkstückoberfläche 6 ist damit bezüglich der Schmierung dem mittleren Verschleiß angepaßt.

Der dem unteren Ende der Bohrung benachbarte Bereich III ist weniger stark beansprucht. Es genügt daher, hier nur parallele Vertiefungen 16 vorzusehen, die etwa in Richtung

der Bohrungsachse verlaufen und in erster Linie dazu dienen, den Rückfluß des Schmiermittels zu erleichtern.

Die Kolbenlaufbahn 6 kann auch in nur zwei oder in mehr als drei, beispielsweise in bis zu sechs Bereiche unterschiedlicher Oberflächenstruktur unterteilt werden. Durch Anwendung der Strahlbehandlung ist eine exakte Abgrenzung der einzelnen Bereiche gegeneinander möglich.

Die linienförmig verlaufenden Vertiefungen 14, 15 und 16 können in der beschriebenen Weise als Riefen ausgeführt werden, und es können zwischen ihnen auch Rillen 11 erzeugt werden, wie dies anhand der Fig. 2 und 4a bis 4c erläutert wurde. Der Überschneidungswinkel α kann unsymmetrisch zur Bohrungsachse liegen (vgl. Fig. 5), und es können anstelle der linienförmigen Vertiefungen Sacklöcher entsprechend Fig. 6 vorgesehen sein.

Patentsprüche

1. Verfahren zur Feinbearbeitung von Werkstück-Oberflächen, die im Einsatz des Werkstückes mit Schmiermittel zu versorgen sind, insbesondere zur Fertigbearbeitung von Bohrungswandungen im Zylinder eines Verbrennungsmotors, wobei in die Werkstück-Oberfläche linienförmig verlaufende, insbesondere einander überkreuzende Vertiefungen unterschiedlicher Tiefe eingearbeitet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vertiefungen (14 bis 16) in der vorbearbeiteten Werkstück-Oberfläche (6) durch Strahlbehandlung als Riefen (9) vorgegebener Tiefe erzeugt werden, und daß in den von den Riefen (9) begrenzten Flächen Rillen (11) geringerer Tiefe ebenfalls durch Strahlbehandlung erzeugt werden, und daß für mindestens eine der beiden Strahlbehandlungen ein Laser verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Riefen (9) und die Rillen (11) in einem zweistufigen Verfahren aufeinanderfolgend erzeugt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in einer ersten Verfahrensstufe die Riefen (9) und in einer zweiten Verfahrensstufe die Rillen (11) erzeugt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß für die Strahlbehandlung in der anderen Verfahrensstufe ebenfalls ein Laser verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß für die Strahlbehandlung in der anderen Verfahrensstufe eine Flüssigkeits-Strahlvorrichtung eingesetzt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen der Riefentiefe (T) und der Rillentiefe (t) zwischen 10 : 1 und 1,5 : 1 beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen der Riefenbreite (B) und der Rillenbreite (b) zwischen 20 : 1 und 2 : 1 beträgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß einander nicht kreuzende Riefen (9) und/oder Rillen (11) parallel verlaufen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der fertigen Oberfläche zwischen je zwei parallelen Riefen (9) drei bis zwölf, vorzugsweise sechs bis acht Rillen (11) erzeugt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Riefen (9) und die Rillen (11) mit gleicher Querschnittsform erzeugt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Riefen (9) und/oder die Rillen (11) im Querschnitt dreieckig sind.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Riefen (9) und/oder die Rillen (11) im Querschnitt rechteckig sind. 5
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte Rillen (11) abgerundet oder abgeflacht ineinander übergehen.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Riefen (9) und/oder die Rillen (11) an ihrem Grund abgerundet sind. 10
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstück-Oberfläche vor der Strahlbehandlung auf Fertigmaß bearbeitet wird. 15
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstück-Oberfläche nach der Strahlbehandlung durch Bürsten nachbehandelt wird. 20
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß in zwei oder mehr Bereichen (I; II; III) der Werkstück-Oberfläche eine unterschiedliche Struktur der Vertiefungen (14; 15; 16) erzeugt wird. 25
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefungen (14; 15; 16) in den verschiedenen Bereichen (I; II; III) unterschiedlichen Verlauf und/oder unterschiedliche Tiefe haben.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefungen (14; 15; 16) in den verschiedenen Bereichen (I, II; III) unterschiedliche Überschneidungswinkel (α) haben. 30
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefungen (16) in mindestens einem Bereich (III) kreuzungsfrei verlaufen. 35
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die linienförmigen Vertiefungen (14 bis 16) mindestens in Teilbereichen der Werkstück-Oberfläche durch Reihen von Sacklöchern (P) gebildet sind. 40
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bearbeitung von Kolbenlaufbahnen im Zylinder von Verbrennungsmotoren besonders verschleißintensive Bereiche, insbesondere der dem Motorkopf zugewandte Bereich (I), mit einem dichteren Netz von linienförmigen Vertiefungen (14) versehen wird als ein anschließender Bereich (II). 45
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die linienförmigen Vertiefungen (14) in dem besonders verschleißintensiven Bereich (I) einen kleineren Überschneidungswinkel (α) haben als in dem weniger stark beanspruchten Bereich (II, III) der Werkstück-Oberfläche (6). 50
24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß der andere Endbereich der Kolbenlaufbahn ausschließlich mit zur Bohrungsachse parallelen Vertiefungen (16) versehen wird. 55

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

60

65

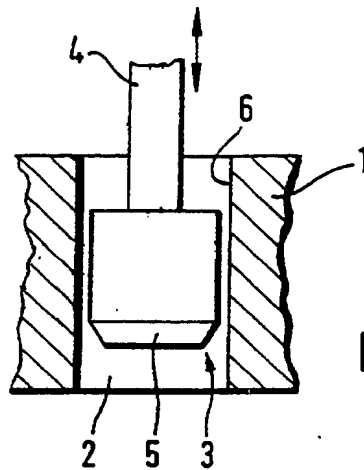


Fig. 1

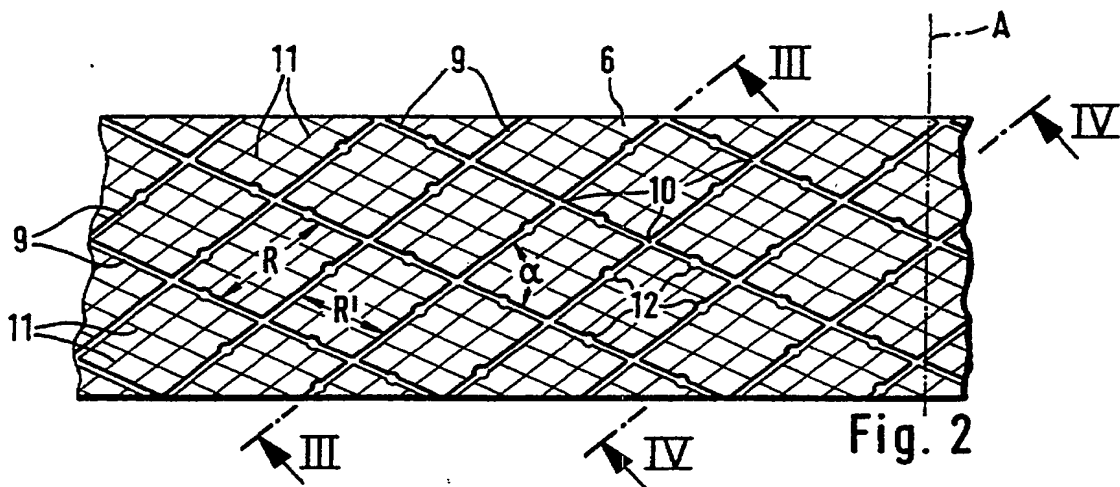


Fig. 2



Fig. 3

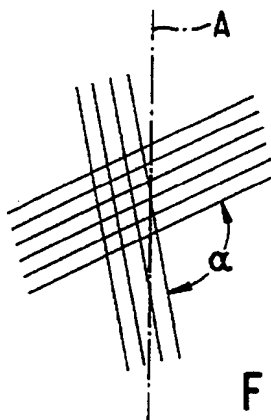


Fig. 5

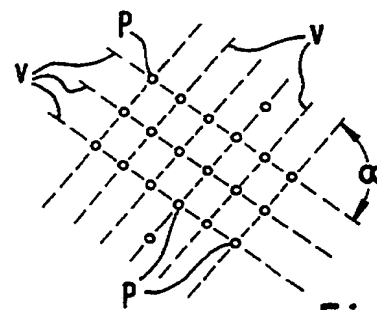


Fig. 6

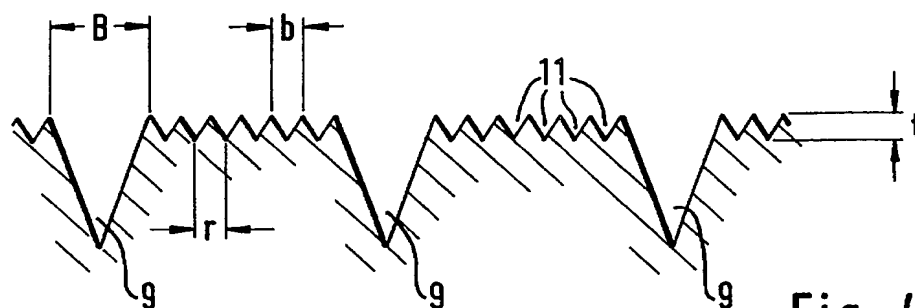


Fig. 4a

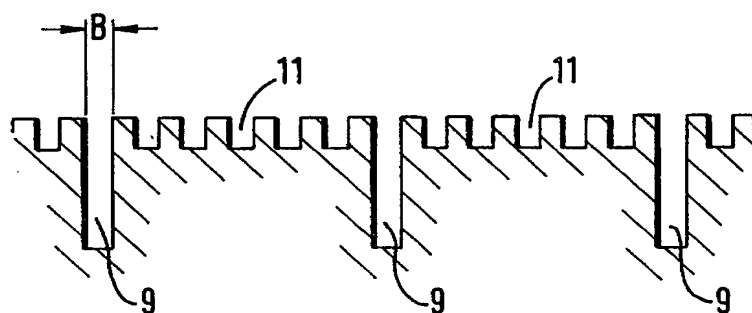


Fig. 4b

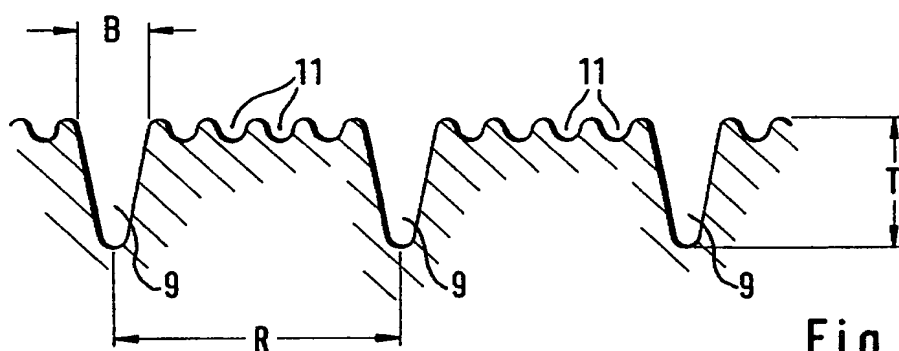


Fig. 4c

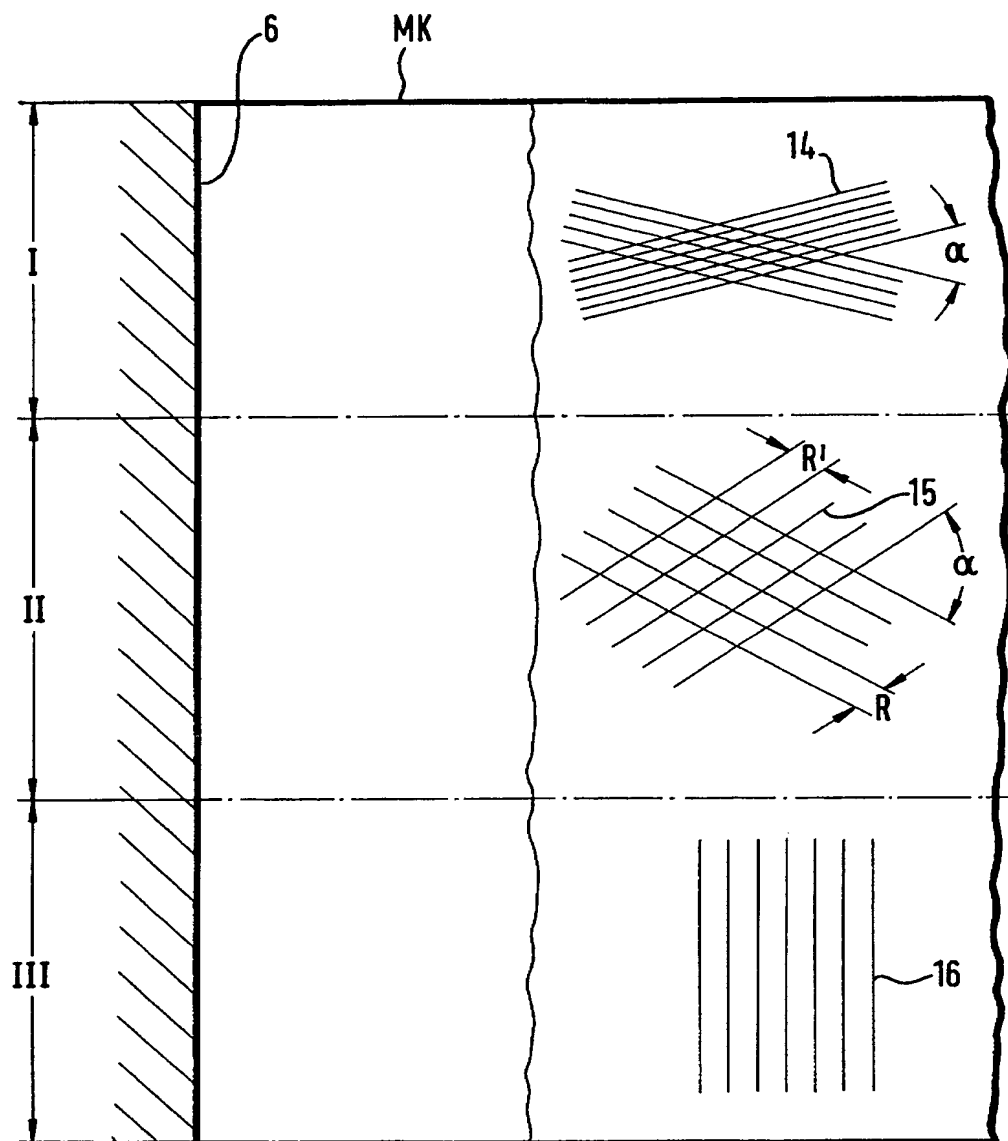


Fig. 7